

ARTIFICIAL LEG MECHANISM

Publication number: JP11291189 (A)

Publication date: 1999-10-26

Inventor(s): HAYAKAWA TAKESHI

Applicant(s): SONY CORP

Classification:

- **international:** *B25J5/00; A61F2/74; B25J17/00; B25J5/00; A61F2/50; B25J17/00; (IPC1-7): B25J17/00; A61F2/74; B25J5/00*

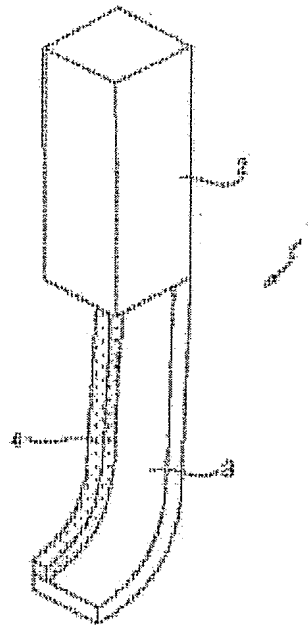
- **European:**

Application number: JP19980102456 19980414

Priority number(s): JP19980102456 19980414

Abstract of JP 11291189 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an artificial leg which can be applied to a prosthetic leg for a human body, and the leg part for a walking robot, to provide the artificial leg which permits a kick direction to be adjustable to an individual easily and which is adaptable to the individual when it is used as the artificial leg, and optimize the kick direction so as to be adaptable to a walking robot when it is used for the walking robot. **SOLUTION:** This artificial leg is provided with a tibia member 2 corresponding to the tibia of a human body, and a leg member 3 corresponding to the leg of the human body. The leg member is formed out of elastic material, and its top end is connected to the bottom end of the tibia member. At least its bottom end part is curved so as to be displaced forward further as it moves down to its bottom end, and a spring constant adjusting means 4 is mounted on the leg member so that a spring constant may differ in its width directions.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-291189

(43) 公開日 平成11年(1999)10月26日

(51) Int.Cl. ⁶		識別記号	F I	
B 2 5 J	17/00		B 2 5 J	17/00 Z
A 6 1 F	2/74		A 6 1 F	2/74
B 2 5 J	5/00		B 2 5 J	5/00 A

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平10-102456	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号
(22) 出願日	平成10年(1998) 4 月14日	(72) 発明者	早川 健 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニ ー株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小松 祐治

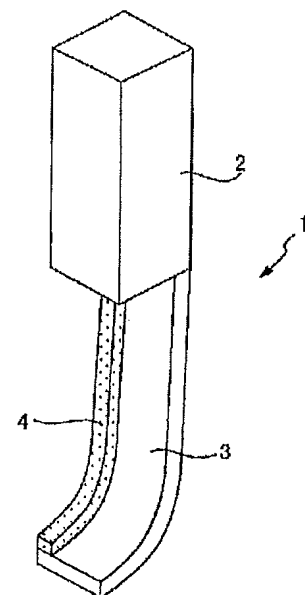
(54) 【発明の名称】 人工足機構

(57) 【要約】

【課題】 人体における義足、歩行ロボットの足部として適用することができ、義足として用いる場合には、蹴り出し方向をその個人に合わせることが容易で、個人に適応した義足を提供すること及び、歩行ロボットに用いる場合には、その歩行ロボットに合った蹴り出し方向の最適化を図ることを課題とする。

【解決手段】 人体の脛骨に相当する脛骨部材 2 と、人体の足に相当する足部材 3 とを備え、足部材を、弾性材料で形成すると共に、その上端を上記脛骨部材の下端部に結合し、少なくとも下端部を下端に行くに従い前方に変位するように湾曲させ、足部材には、その幅方向においてバネ定数が異なるようにバネ定数調節手段 4 を取着する。

1…人工足機構
2…脛骨部材
3…足部材
4…バネ定数調節手段



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 人体の脛骨に相当する脛骨部材と、人体の足に相当する足部材とを備え、足部材は、弾性材料で形成されていて、その上端が上記脛骨部材の下端部に結合され、少なくとも下端部が下端に行くに従い前方に変位するように湾曲されており、足部材には、その幅方向においてバネ定数が異なるようにバネ定数調節手段が取着されたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の人工足機構において、足部材に、複数のバネ定数調節手段を取着したことを特徴とする人工足機構。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段を、足部材にその基端から先端にかけて幅方向に変位させて取着したことを特徴とする人工足機構。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の人工足機構において、足部材が幅方向において分割されて複数の部分足部材からなり、少なくとも、一の部分足部材にバネ定数調節手段が取着されたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 5】 請求項 2 に記載の人工足機構において、足部材が幅方向において分割されて複数の部分足部材からなり、少なくとも、一の部分足部材にバネ定数調節手段が取着されたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 6】 請求項 3 に記載の人工足機構において、足部材が幅方向において分割されて複数の部分足部材からなり、少なくとも、一の部分足部材にバネ定数調節手段が取着されたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 7】 請求項 4 に記載の人工足機構において、隣接する部分足部材と部分足部材とを連結片により結合したことを特徴とする人工足機構。

【請求項 8】 請求項 5 に記載の人工足機構において、隣接する部分足部材と部分足部材とを連結片により結合したことを特徴とする人工足機構。

【請求項 9】 請求項 6 に記載の人工足機構において、隣接する部分足部材と部分足部材とを連結片により結合したことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 0】 請求項 1 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 1】 請求項 2 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 2】 請求項 3 に記載の人工足機構において、

バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 3】 請求項 4 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 4】 請求項 5 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 5】 請求項 6 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 6】 請求項 7 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 7】 請求項 8 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【請求項 1 8】 請求項 9 に記載の人工足機構において、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたことを特徴とする人工足機構。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は新規な人工足機構に関する。詳しくは、歩行動作における蹴り出し方向の調節を容易に行なうことができ、適正な蹴り出し動作を実現することができ、歩行ロボット、義足等における人工足機構として好適なものを提供する技術に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 歩行周期、即ち、一方の足の踵が接地してから、再び、その足の踵が接地するまでの動作には、立脚相と遊脚相とがあり、立脚相は足の踵が接地してからその足の爪先（足尖）が離地するまで、遊脚相は足の爪先（足尖）が離地してからその足の踵が接地するまでをいい、また、立脚相には、踵接地、足底接地、立脚中期、踵離地、足尖離地の 5 相があることが知られており、足関節に関しては、これが最も曲った状態（背屈した状態：背屈状態）、ほぼ直角な状態（中間位）及び伸びた状態（底屈した状態：底屈状態）の 3 つの状態がある。

【0 0 0 3】 そして、歩行動作中、立脚相の後半における踵離地から足尖離地（蹴り出し動作）にかけて、地面を蹴って推進力を得る。

【0 0 0 4】 そこで、従来から、脛骨の下部に湾曲した板バネで構成した足部を結合した人工足機構があり、立

脚相のうち、踵接地、足底接地、立脚中期において、上記足部を屈曲させて撓ませて（背屈状態）、足部にエネルギーを蓄積し、踵離地から足尖離地にかけて、屈曲した足部をその弾発力により伸ばして（底屈状態）エネルギーを放出するようにしたものがある。

【0005】かかる従来の人工足機構によれば、足尖離地において、足部が地面を後方へ蹴ることになり、推進力となって人体又は歩行ロボットを前方に移動させるようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、歩行中の蹴り出し動作は、人体又は歩行ロボット本体を上下に振動させると共に、左右片方ずつ行われるため、人体又は歩行ロボットには左右の揺れも発生する。

【0007】一方、人体の歩行動作には、生まれつきの骨格の違いや性格の相違により、個体差があることが知られており、蹴り出し動作にも個人差がある。

【0008】即ち、人体の脚形には、O脚、X脚等があり、また、その歩行姿も、がに股、内股等、千差万別であり、歩行動作中、足部の蹴り出し方向は、個人の歩行癖により異なり、必ずしも、まっすぐな後方とは限らない。

【0009】そのため、画一的に作られた人工足機構を義足として装着すると、足部の蹴り出し方向がその個人に合わない場合があり、かかる場合には、装着者に違和感を与え、場合によっては、歩行動作がスムーズに行えないという問題があった。

【0010】また、歩行ロボットにおいては、その本体の形状、大きさ、重量など様々であり、歩行における最適な蹴り出し方向は、その歩行ロボットにより相違する。

【0011】そのため、蹴り出し方向がその歩行ロボットに合っていないと、歩行ロボットの安定な歩行を実現することができないという問題があった。

【0012】そこで、本発明は上記した欠点を解消し、人体における義足、歩行ロボットの足部として適用することができ、義足として用いる場合には、蹴り出し方向をその個人に合わせることが容易で、個人に適應した義足を提供すること及び、歩行ロボットに用いる場合には、その歩行ロボットに合った蹴り出し方向の最適化を図ることを課題とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明人工足機構は、上記した課題を解決するために、人体の脛骨に相当する脛骨部材と、人体の足に相当する足部材とを備え、足部材を、弾性材料で形成すると共に、その上端を上記脛骨部材の下端部に結合し、少なくとも下端部を下端に行くに従い前方に変位するように湾曲し、足部材には、その幅方向においてバネ定数が異なるようにバネ定数調節手段を取着したものである。

【0014】従って、本発明人工足機構にあつては、足部材のバネ定数調節手段を取着した部分とその幅方向における他の部分とでバネ定数を異ならせて、蹴り出し動作において、内側と外側とでその反発力を異ならせることができ、よって、簡単な構造でありながら、蹴り出し方向を外側又は内側に偏らせることができ、これを適宜調節することにより、個人差がある蹴り出し方向の調整及び歩行ロボットにおける蹴り出し方向の最適化を図ることができる。

10 【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明人工足機構の実施の形態を添付図面を参照して説明する。

【0016】図1乃至図6は本発明人工足機構の基本的構成を示すものである。

【0017】人工足機構1は、人体における脛骨に相当する脛骨部材2と、人体における足に相当する足部材3とを有し、該足部材3は、弾性材料から成り、その上端が上記脛骨部材2の下端部に結合され、下端部において下方に行くに従い前方に変位するように湾曲され、ほぼJ字状を呈している（図1参照）。尚、足部材3は、その全体が湾曲されていても良い。

【0018】脛骨部材2は、強化プラスチック、セラミック、軽金属等、比較的軽量な材料によって形成することが好ましい。

【0019】また、脛骨部材2は、人体における脛骨の全体と同じ形状である必要はなく、脛骨のうちその少なくとも下端部に相当する部分であれば良い。

【0020】足部材3は、例えば、合板、グラファイト、カーボングラファイト、強化プラスチック、軽金属等、比較的軽量な材料によって構成することが好ましい。

【0021】足部材3は、板状部材を湾曲させた如き形状をしており、側方から見て弓形状に形成されている。尚、足部材3の側方から見た形状は、弓形状に限らず、円弧状でも良く、或いは屈曲部が円弧状で上端部及び下端部が直線状になっていても良い。

【0022】足部材3には、その幅方向においてバネ定数が異なるようにバネ定数調節手段4が取着されている。

【0023】即ち、バネ定数調節手段4は、帯状のゴム様部材から成り、足部材3の基端から先端にかけてその外側、即ち、小指側に貼着されている。これにより、足部材3はその幅方向において、外側（小指側）がバネ定数調節手段4の緩衝作用によりバネ定数が低下し、内側（親指側）がもともとの足部材3の材質のバネ定数のままで、外側（小指側）よりもバネ定数が高くなっている。

【0024】バネ定数調節手段4の材質としては、例えば、シリコーンゴム等の合成ゴム、高分子合成物質等が考えられる。尚、ここで記述した材質は、すべて、緩衝

作用により足部材 3 のバネ定数を低下させるものであるが、本発明は、これに限らず、足部材 3 のバネ定数を高めるものであっても良く、その場合、足部材 3 を構成する材質よりもバネ定数の高い材質、例えば、金属、カーボングラファイト等で構成することが考えられる。

【0025】また、バネ定数調節手段 4 の材質を足部材 3 の材質と同じにしても良く、この場合は、バネ定数調節手段 4 を取り付け部分において断面係数が他の部位（幅方向における他の部位）より大きくなるため、その分、バネ定数が高くなる。要は、足部材 3 の幅方向にお

けるバネ定数が異なるようになっていれば良い。

【0026】そして、この人工足機構 1 により、歩行した場合、足部材 3 は、以下のようにエネルギーの蓄積及び放出をくり返して人体又は歩行ロボットを前進させる。

【0027】先ず、足部材 3 が接地する（図 2 参照）。尚、足部材 3 は、側方から見た形状が J 字状をしているため、踵部がなく、最初に爪先（足尖）が接地する。

【0028】爪先（足尖）が接地し、更に体重が前方に移動すると、足部材 3 はその屈曲の度合を増加させ、足部材 3 がほぼ直角（中間位）となり（図 3 参照）、さらに、鋭角（背屈状態）になって、エネルギーが足部材 3 に蓄積される（図 4、図 5 参照）。

【0029】体重が前方に移動して、体重の重心線が当該人工足機構 1 よりも前方に位置すると、体重は徐々に反対側の足に移行されると共に、当該人工足機構 1 の足部材 3 に蓄積されたエネルギーが足部材 3 が伸びることにより放出される（図 6 参照）。

【0030】そして、足部材 3 のエネルギーの放出（伸び）は、地面 5 を後方に蹴ることになり、その足部材 3 の伸びは、足尖離地まで行われて、人体又は歩行ロボットの推進力となる。

【0031】このように、人工足機構 1 によれば、歩行において、足部材に蓄積した力を、有効に蹴り出し動作に利用することができ、足首（足関節）を伸ばす（底屈する）ために特段の駆動装置を必要とせず、かつ、人工足機構 1 の構造は極めて、シンプルである。

【0032】また、上記人工足機構 1 にあっては、バネ定数調節手段 4 を足部材 3 の外側（小指側）に取着したため、その足部材 3 の内側（親指側）のバネ定数が高く、蹴り出し動作において、その蹴り出し方向が外側を向くことになる。

【0033】尚、上記実施の形態で説明した人工足機構 1 においては、そのバネ定数調節手段 4 を足部材 3 の外側に沿うようにほぼ直線状に取着したが、本発明はこれに限らず、図 7 に示すように、足部材 3 の基端において外側（小指側）で、先端に行くに従い内側（親指側）に寄って、先端においては、最も内側（親指側）に位置するように、バネ定数調節手段 4 A を足部材 3 に取着しても良い。

【0034】かかるバネ定数調節手段 4 A を取着した人工足機構 1 によれば、蹴り出し動作において、足部材 3 が伸びるに従って、最も反発力を生じさせる部位が足部材 3 の長さ方向に変位して行き、これにより、バネ定数調節手段 4 A が取着された部位が、内側から外側に変移して行くため、蹴り出し方向は、外側から内側に変化して行くことになる。

【0035】従って、バネ定数調節手段 4 A を取着した人工足機構 1 にあっては、足部材 3 の屈曲の程度により、足部材 3 の幅方向におけるバネ定数を異ならしめることができ、屈曲された足部材 3 の反発力が放出されるとき、蹴り出しの方向を変化させることができ、実際の人体の動きに近い動作をさせることができる。

【0036】即ち、人体における蹴り出し動作における蹴り出し方向は、蹴り出し動作中、一定ではなく、体重の移動、特に左右への移動（揺れ）に合わせて、バランスを取るように変化する。また、歩行ロボットにあっては、歩行時に左右の揺れが生じるため、バランスを取るためには、上記蹴り出し方向が一定であるよりは、左右の揺れに合わせて変化させる必要がある。

【0037】そのため、本発明人工足機構 1 を、義足として用いたり、歩行ロボットの足部として用いることにより、人体の歩行動作により近くなり、また、歩行ロボットの歩行動作をスムーズにすることができる。

【0038】尚、足部材 3 及びバネ定数調節手段 4 を脛骨部材 2 に対して脛骨部材 2 が伸びる方向を軸として回転するように取り付けても良い。このようにすると、歩行時において回内動作、回外動作を行なうことができるようになる。

【0039】

【実施例】以下に、本発明人工足機構の詳細を図 8 乃至図 13 に示した第 1 の実施例に従って説明する。

【0040】人工足機構 6 は、脛骨部材 7 と、足部材 8 と、これら足部材 8 の上面にそれぞれ取着された 2 つのバネ定数調節手段 9 a、9 b とを有する。尚、この第 1 の実施例にかかる人工足機構 6 は、右足用のものとして説明する。

【0041】足部材 8 は、同質、かつ、同形状をした 2 つの部分足部材 8 a、8 b（以下、外側（小指側）の部分足部材を「小指側足部材」、内側（親指側）の部分足部材を「親指側足部材」という。）とからなり、これら部分足部材 8 a、8 b は共に、正面から見て左右方向の幅が上記脛骨部材 7 の左右幅の半分よりやや小さな合板から成り、下端部において下方に行くに従い前方に変位するように湾曲され、ほぼ J 字状に形成されており、それぞれの上端が上記脛骨部材 7 の下端部に左右に並んで結合されている（図 8 参照）。

【0042】小指側足部材 8 a と親指側足部材 8 b とは、その先端よりやや上方の部位（以下、「先端部位」という。）及び該先端部位より更に上方の部位（以下、

「中央部位」という。)において、左右方向に長い板状の連結片 10 a、10 b により連結されている。これにより、小指側足部材 8 a と親指側足部材 8 b とは一体化され、左右方向に互いに離れる方向に力がかかっても、両部分足部材 8 a と 8 b とが離れてしまうことはない。

【0043】バネ定数調節手段 9 a は、帯状をした合成ゴムからなり、小指側足部材 8 a の上面にその全長に亘って貼着されており、該バネ定数調節手段 9 a が貼着された部分において小指側足部材 8 a のバネ定数が低くなっている。

【0044】バネ定数調節手段 9 b は、帯状をしたカーボングラファイトからなり、上記親指側足部材 8 b にその全長に亘って貼着されており、該バネ定数調節手段 9 b が貼着された部分において足部材 8 のバネ定数が高くなっている。

【0045】そして、このように形成された足部材 8 は、人体の足の形をしたシリコンゴムで形成された足型 11 で覆われており、より人体の足の形状に近似するようになっている。

【0046】尚、人工足機構 6 の足部材 8 は、接地していない状態で弓形状をしたいいるため、その状態において足型 11 で覆われた形状は、人体における足関節が伸びた状態、即ち、底屈状態になっている。

【0047】また、足型 11 の下面には、ゲルニック、シリコンゴム、フォーム軟質ウレタンなどから成る衝撃吸収部材 12 が貼着されている。

【0048】しかして、この人工足機構 6 により、歩行した場合、先ず、人工足機構 6 の足型 11 の裏面に貼着された衝撃吸収部材 12 が接地する(図 9 参照)。そして、人工足機構 6 が接地したときの衝撃は衝撃吸収部材 12 により吸収される。

【0049】次に、体重が前方に移動して行くと、足部材 8 は、徐々に折れ曲ることになり、これにより、足部材 8 には、エネルギーが蓄積される(図 10 参照)。

【0050】そして、足部材 8 が中間位から背屈状態になると(図 11、図 12 参照)、足部材 8 にはエネルギーの蓄積が増加し、体重の重心線が当該人工足機構 6 よりも前方に位置して、体重は徐々に反対側の足に移行されると、当該人工足機構 6 の足部材 8 に蓄積されたエネルギーが足部材 8 が伸びることにより放出される(図 13 参照)。

【0051】尚、足部材 8 の 2 つの部分足部材、即ち、小指側足部材 8 a と親指側足部材 8 b とがあるが、これらは、足関節が曲った状態、即ち、背屈状態においてはほぼ同じように屈曲されている。

【0052】そして、足部材 8 のエネルギーの放出(伸び)は、地面 13 を後方に蹴ることになり、その足部材 8 の伸びは、足尖離地まで行われて、人体又は歩行ロボットの推進力となる。

【0053】また、上記人工足機構 6 にあっては、バネ

定数調節手段 9 a を小指側足部材 8 a に取着し、バネ定数調節手段 9 b を親指側足部材 8 b に取着したので、その足部材 8 のバネ定数は幅方向において、小指側が低く、親指側が高くなっており、従って、人工足機構 6 を、正面から見てその足部材 8 を脛骨部材 7 に真っ直ぐになるように結合した場合には、蹴り出し動作の蹴り出し方向は外側を向くことになる。

【0054】従って、第 1 の実施例にかかる人工足機構 6 によれば、蹴り出し方向を外側に向けることができるため、蹴り出し方向がまっすぐ後方であると歩行がスムーズでない人体や歩行ロボットにおいて、その蹴り出し方向の補正をすることができ、より適切な歩行動作を実現することができる。

【0055】尚、上記第 1 の実施例にあっては、足部材を左右に分けて部分足部材として、それぞれの部分足部材に各別のバネ定数調節手段を設けるようにしたが、本発明人工足機構は、足部材を分割せず、これに 2 つのバネ定数調節手段を設けるようにしても良い。

【0056】図 14 及び図 15 は本発明人工足機構の第 2 の実施例を示すものである。

【0057】この第 2 の実施例が前記第 1 の実施例と比較して相違する点は、足部材が分割されていない点及びバネ定数調節手段が 1 つで、これにバネ定数変更機構を設けた点のみである。

【0058】この第 2 の実施例にかかる人工足機構 6 A の足部材 14 は、上記実施の形態において説明したものと同様に、板状部材を湾曲状に折り曲げた如き形状をしており、側方から見て弓形状に形成されている。

【0059】人工足機構 6 A のバネ定数調節手段 15 には、適時、足部材 14 のバネ定数を変更するためのバネ定数変更機構 16 が設けられている。

【0060】バネ定数調節手段 15 は、一端が閉塞されたチューブ体 17 と、該チューブ体 17 内に充填された液状シリコン 18 とから成る。

【0061】また、バネ定数変更機構 16 は、上記チューブ体 17 の開放端に取着された調節シリンダ 19 と、該調節シリンダ 19 内を摺動するピストン 20 とから成り、チューブ体 17 と調節シリンダ 19 とが連通されていて、調節シリンダ 19 内にも液状シリコン 18 が充填されている。尚、液状シリコン 18 の代わりに、液漏れ事故が発生しても人体に影響が少ない生理食塩水又はヒアルロン酸ナトリウム等を用いても良い。

【0062】チューブ体 17 は、その閉塞端が足部材 14 の先端に位置し、開放端が脛骨部材 7 の下端まで延び、かつ、足部材 14 の外側(小指側)に取着されており、また、上記調節シリンダ 19 は脛骨部材 7 に取着されている。

【0063】そして、ピストン 20 を調節シリンダ 19 に対して摺動させると、調節シリンダ 19 及びチューブ体 17 の内圧が変化して、バネ定数変更機構 16 の弾性

係数が変化することにより、足部材 14 のバネ定数調節手段 15 が取着された部分のバネ定数に変更されるようになっている。

【0064】尚、バネ定数変更機構は、例えば、油圧式のショックアブソーバでも良く、かかるショックアブソーバはその減衰率が適時調節可能となっており、減衰率を調節することにより、足部材 14 のバネ定数調節手段 15 が取着された部分のバネ定数に変更される。

【0065】しかして、この第 2 の実施例にかかる人工足機構 6A によれば、上記第 1 の実施例にかかる人工足機構 6 と同様に、歩行動作に伴い、足部材 14 の屈曲（背屈）によるエネルギーの蓄積、足部材の伸び（底屈）によるエネルギーの放出により、有効に蹴り出し動作を行なうことができ、また、足首（足関節）を伸ばす（底屈する）ために特段の駆動装置を必要とせず、かつ、人工足機構 1 の構造は極めて、シンプルである。

【0066】しかも、この人工足機構 6A によれば、同じ背屈状態にあっても足部材 14 のバネ定数調節手段 15 が取着された部分のバネ定数を異ならしめることができ、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができる。

【0067】即ち、歩行動作は、上体の重量や歩行速度が一定の場合には、最適な蹴り出し方向は一定であるが、上体の重量や歩行速度が変化すると、そのときの最適な蹴り出し方向も変化する。そして、人体における歩行動作は、その状況が一定でないことがあり、かかる場合に、蹴り出し方向をそれに見合った方向に変更することが好ましい。

【0068】従って、第 2 の実施例にかかる人工足機構 6A によれば、バネ定数変更機構 16 の弾性係数を変更することにより、バネ定数調節手段 15 が取着された足部材 14 の部位のバネ定数を変更して、蹴り出し方向を適宜変更することができ、歩行状況に合せて蹴り出し方向の最適化を図り、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができる。

【0069】尚、歩行状況の把握は、例えば、足部材 14 に速度センサや圧力センサを取り付け、速度センサや圧力センサの検出結果に基づいて行なわれる。

【0070】図 16 及び図 21 は本発明人工足機構の第 3 の実施例を示すものである。

【0071】この第 3 の実施例が前記第 1 の実施例と比較して相違する点は、足部材が分割されていない点及びバネ定数調節手段が足部材に内蔵されている点のみである。

【0072】この第 3 の実施例にかかる人工足機構 6B の足部材 21 は、カーボングラファイトから成り、上記実施の形態において説明したものと同様に、側方から見て弓形状に形成され、その内部には、その小指側（外側）縁部に沿って中空部 22 が形成されており、該中空部 22 の先端は閉塞され、基端は開口されている。

【0073】また、中空部 22 の基端開口部には、ショックアブソーバ 23 が取着されている。尚、ショックアブソーバ 23 の足部材 21 への取り付けは、例えば、掘り込みより行なう。この場合、中空部 22 の開口部に雌ネジ溝を形成し、また、ショックアブソーバ 23 の一端部に雄ネジ溝を形成すれば良い。

【0074】そして、上記中空部 22 及びショックアブソーバ 23 内には、液状シリコン 24 が充填されており、これにより、中空部 22 に液状シリコン 24 が充填された部分がバネ定数調節手段 25 として機能し、また、ショックアブソーバ 23 がバネ定数変更機構として機能する。

【0075】尚、バネ定数変更機構としてのショックアブソーバ 23 は、その減衰率が適時調節可能となっており、減衰率を調節することにより、足部材 21 のバネ定数調節手段 25 が取着された部分のバネ定数に変更される。

【0076】しかして、この第 3 の実施例にかかる人工足機構 6B によれば、上記第 1 の実施例にかかる人工足機構 6 と同様に、歩行動作に伴い、足部材 21 の屈曲（背屈）によるエネルギーの蓄積、足部材の伸び（底屈）によるエネルギーの放出により、有効に蹴り出し動作を行なうことができ、また、足首（足関節）を伸ばす（底屈する）ために特段の駆動装置を必要とせず、かつ、人工足機構 6B の構造は極めて、シンプルである。

【0077】また、この人工足機構 6B によれば、上記第 2 の実施例にかかる人工足機構 6A と同様に、同じ背屈状態にあっても足部材 21 のバネ定数調節手段 25 が取着された部分のバネ定数を異ならしめることができ、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができると共に、バネ定数変更機構としてのショックアブソーバ 23 の減衰率を変更することにより、バネ定数調節手段 25 が形成された足部材 21 の部位のバネ定数を変更して、蹴り出し方向を適宜変更することができ、歩行状況に合せて蹴り出し方向の最適化を図り、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができる。

【0078】更に、この第 3 の実施例にかかる人工足機構 6B にあっては、バネ定数調節手段 25 としての液状シリコン 24 を足部材 21 の中空部 22 に充填するだけで良いため、構造が極めて簡単であり、上記第 2 の実施例におけるチューブ体 17 を足部材 14 に取着する工程を削減することができる。

【0079】図 18 は、足部材の第 1 の変形例を示すものである。

【0080】この第 1 の変形例にかかる足部材 21A は、その先端部に 5 つの指部 26a、26b、26c、26d、26e を有し、これら指部 26a～26e に対応して中空部 27a～27e が形成されている。

【0081】即ち、中空部 27a～27e は、互いに平行で共に、これらの上端が足部材 21A の上端から開口

されており、先端は各指部26a~26e内にそれぞれ達するように形成されている。尚、図18では、中空部27a~27eの口径を異なるように図示したが、これに限らず、これら中空部27a~27eを同じ口径で形成するようにしても良い。

【0082】そして、各中空部27a~27eの開口端には、各別にバネ定数変更機構としてのショックアブソーバ28a~28eが装着され、これら中空部27及びショックアブソーバ28には、液状シリコン29が充填されており、各別の中空部27a~27e及び液状シリコン29により、5つのバネ定数調節手段30a~30eが構成されている。

【0083】しかして、かかる足部材21Aにあっては、5つのバネ定数調節手段30a~30eを適宜調節することにより、バネ定数を変更して、蹴り出し方向を適宜変更することができ、歩行状況に合せて蹴り出し方向の最適化を図り、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができる。

【0084】尚、上記中空部27a~27eに各別に充填する液状シリコン29を、その種類を変えたり、別の液状部材或いはジェル部材とし、各中空部27a~27e毎に異なるようにすることにより、更に足部材21Aのバネ定数を更に精密に変化させることが可能となり、歩行状況に合せて蹴り出し方向を緻密に制御することができ、更に人体の歩行動作により近い動作をさせることが可能となる。

【0085】図19乃至図21は、足部材の第2の変形例を示すものである。

【0086】この第2の変形例にかかる足部材21Bは、内部の中空部31が厚さ方向に2層に形成されており、上側の中空部31aはその基端が内側（親指側）に位置され、先端に行くに従い外側（小指側）に変位するように形成されており、下側には4つの中空部31b、31b、・・・が互いに平行に形成されている。

【0087】各中空部31、31、・・・の開口端にはバネ定数変更機構としてのショックアブソーバ28、28、・・・が各別に装着され、中空部31及びショックアブソーバ28内には、液状シリコン29が充填されており、これにより、中空部31及びシリコン29とにより、各別のバネ定数調節手段30が構成されている。

【0088】しかして、かかる足部材21Bにあっては、上述の足部材21、21Aと同様に、バネ定数変更機構としてのショックアブソーバ28の減衰率を変更することにより、バネ定数調節手段30が形成された足部材21Bの部位のバネ定数を変更して、蹴り出し方向を適宜変更することができ、歩行状況に合せて蹴り出し方向の最適化を図り、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができ、また、中空部31、31、・・・に液状シリコン29を充填するだけなので、構造が

極めて簡単であり、上記第2の実施例におけるチューブ体17を足部材14に装着する工程を削減することができる。

【0089】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように、本発明人工足機構は、人体の脛骨に相当する脛骨部材と、人体の足に相当する足部材とを備え、足部材を、弾性材料で形成すると共に、その上端を上記脛骨部材の下端部に結合し、少なくとも下端部を下端に行くに従い前方に変位するように湾曲し、足部材には、その幅方向においてバネ定数が異なるようにバネ定数調節手段を装着したものである。

【0090】従って、本発明人工足機構にあっては、足部材のバネ定数調節手段を取着した部分とその幅方向における他の部分とでバネ定数を異ならせて、蹴り出し動作において、内側と外側とでその反発力を異ならせることができ、よって、簡単な構造でありながら、蹴り出し方向を外側又は内側に偏らせることができ、これを適宜調節することにより、個人差がある蹴り出し方向の調整及び歩行ロボットにおける蹴り出し方向の最適化を図ることができる。

【0091】請求項2に記載した発明にあっては、足部材に、複数のバネ定数調節手段を取着するようにしたので、足部材の幅方向におけるバネ定数を積極的に変更することができ、より人体の歩行に近い歩行動作を実現することができ、或いは歩行ロボットにおける蹴り出し方向の最適化を図ることができる。

【0092】請求項3に記載した発明にあっては、バネ定数調節手段を、足部材にその基端から先端にかけて幅方向に変位させて取着するようにしたので、足部材の屈曲状態により、その幅方向におけるバネ定数が変化し、これにより、蹴り出し動作中における蹴りだし方向を変化させることができ、実際の人体における蹴り出し動作に近い動作を実現することができる。

【0093】請求項4乃至請求項6に記載した発明にあっては、足部材を幅方向において分割して複数の部分足部材から構成し、その少なくとも、一の部分足部材にバネ定数調節手段を取着するようにしたので、人体の蹴り出し動作中における蹴り出し方向の変化に合わせて、足部材のバネ定数を細かく設定することができ、より人体の動作に近い歩行動作を実現することができる。

【0094】請求項7乃至請求項9に記載した発明にあっては、足部材を複数の部分足部材で構成し、隣接する部分足部材と部分足部材とを連結片により結合するようにしたので、隣接する部分足部材が蹴り出し動作中に離れることがなく、安定した歩行動作を行なうことができる。

【0095】請求項10乃至請求項18に記載した発明にあっては、バネ定数調節手段にバネ定数変更機構を設けたので、バネ定数調節手段の弾性係数を変更すること

により、バネ定数調節手段の取着された足部材の部位のバネ定数を変更することができ、足部材の屈曲状態に対応させて蹴り出し方向を適宜変更することができ、歩行状況に合わせて蹴り出し方向の最適化を図り、人体の歩行動作により近い歩行動作を実現することができる。

【0096】尚、上記した実施の形態及び各実施例において示した各部の形状乃至構造は、何れも本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】図2乃至図6と共に、本発明人工足機構の基本構成を概念的に示すものであり、本図は斜視図である。

【図2】図3乃至図6と共に、歩行動作を順に説明するための側面図であり、本図は歩行初期において、爪先（足尖）が接地した状態を示す。

【図3】図2の状態から、体重を前方に移動させ、中間位になった状態を示す。

【図4】図3の状態から、体重を前方に移動させて、やや背屈状態になった状態を示す。

【図5】図4の状態から、体重を前方に移動させて、最も背屈状態になった状態を示す。

【図6】図5の状態から、体重を前方に移動させて、足尖離地の状態を示す。

【図7】バネ定数調節手段の変形例を示す斜視図である。

【図8】図9乃至図13と共に、本発明に係る人工足機構の第1の実施例を示すものであり、本図は斜視図である。

【図9】図10乃至図13と共に、歩行動作を順に説明するための側面図であり、本図は歩行初期において、爪先（足尖）が接地した状態を示す。

【図10】図9の状態から、体重を前方に移動させ、中間位になった状態を示す。

10

20

30

*

*【図11】図10の状態から、体重を前方に移動させて、やや背屈状態になった状態を示す。

【図12】図11の状態から、体重を前方に移動させて、最も背屈状態になった状態を示す。

【図13】図12の状態から、体重を前方に移動させて、足尖離地の状態を示す。

【図14】図15と共に、本発明に係る人工足機構の第2の実施例を示すものであり、本図は斜視図である。

【図15】縦断面図である。

【図16】図17乃至図21と共に、本発明に係る人工足機構の第3の実施例を示すものであり、本図は縦断面図である。

【図17】図16におけるXV I I-XV I I線に沿う断面図である。

【図18】足部材の第1の変形例を示す平面図である。

【図19】図20及び図21と共に、足部材の第2の変形例を示すものであり、本図は縦断面図である。

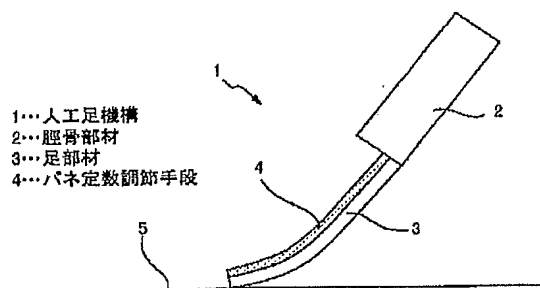
【図20】図19におけるXX-XX線に沿う断面図である。

【図21】図19におけるXX I-XX I線に沿う断面図である。

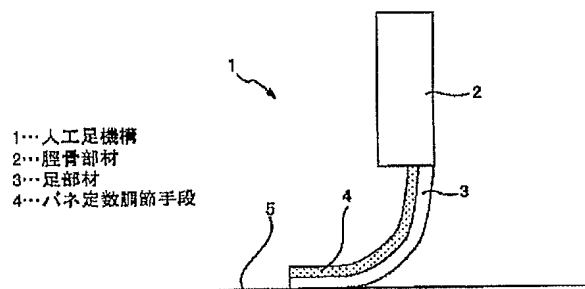
【符号の説明】

1…人工足機構、2…脛骨部材、3…足部材、4…バネ定数調節手段、4A…バネ定数調節手段、6…人工足機構、7…脛骨部材、8…足部材、9…バネ定数調節手段、10a…連結片、10b…連結片、6A…人工足機構、14…足部材、15…バネ定数調節手段、16…バネ定数変更機構、6B…人工足機構、21…足部材、23…ショックアブソーバ（バネ定数変更機構）、25…バネ定数調節手段、21A…足部材、28a～28e…ショックアブソーバ（バネ定数変更機構）、30a～30e…バネ定数調節手段、21B…足部材、28…ショックアブソーバ（バネ定数変更機構）、30…バネ定数調節手段

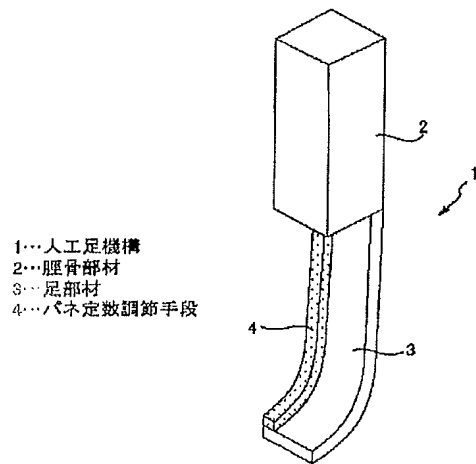
【図2】



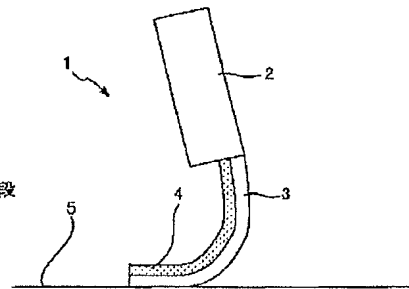
【図3】



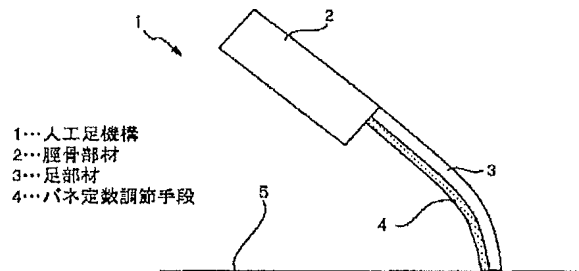
【図1】



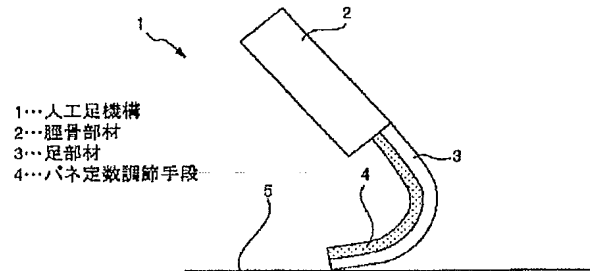
【図4】



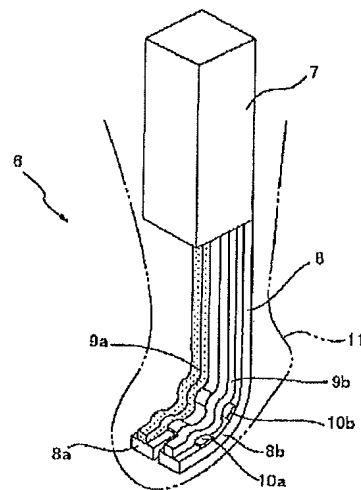
【図6】



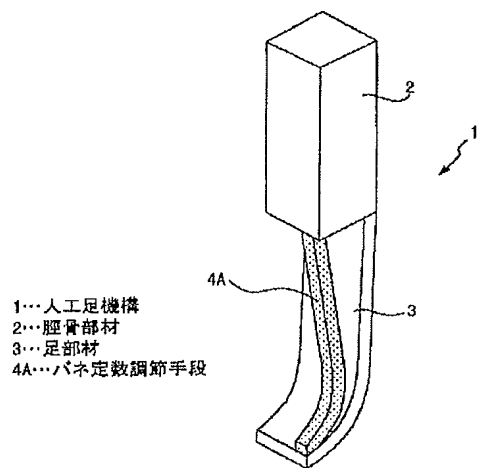
【図5】



【図8】

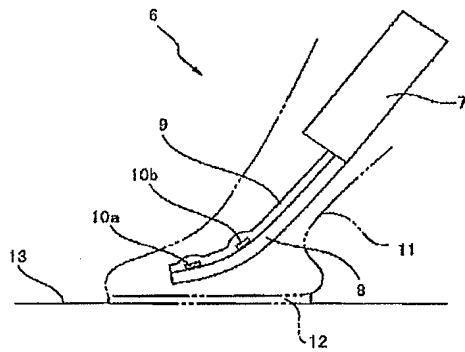


【図7】



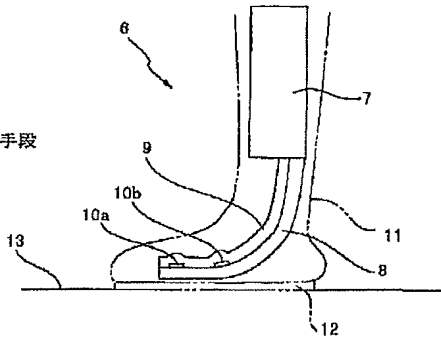
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図9】



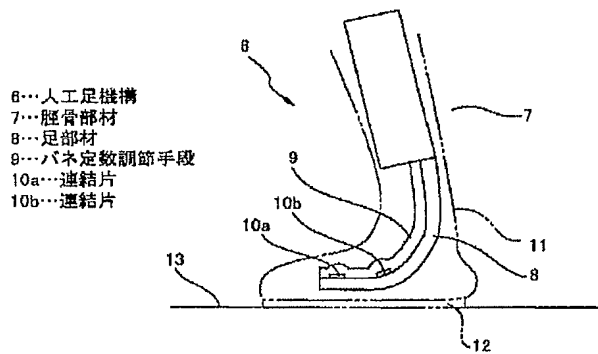
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図10】



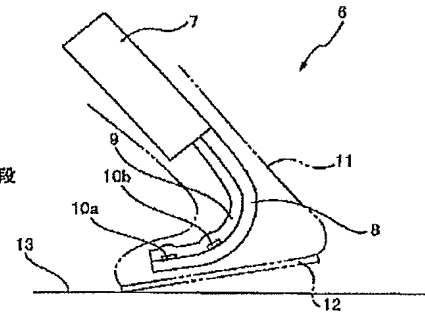
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図11】



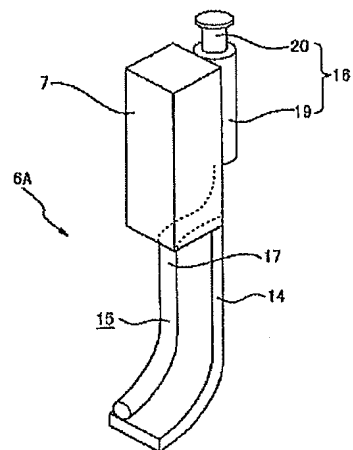
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図12】



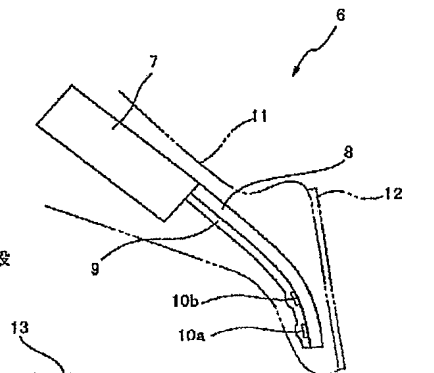
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図14】



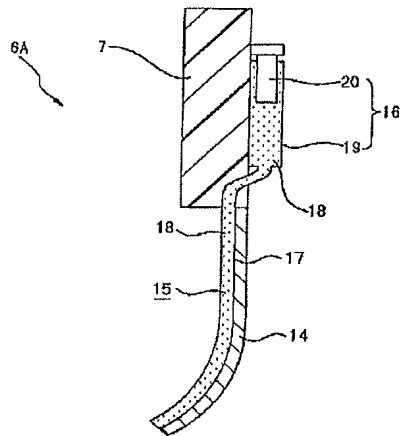
6A…人工足機構
7…脛骨部材
14…足部材
15…バネ定数調節手段
16…バネ定数変更機構

【図13】



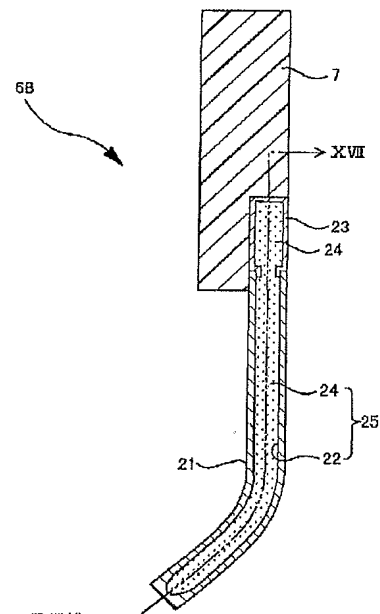
6…人工足機構
7…脛骨部材
8…足部材
9…バネ定数調節手段
10a…連結片
10b…連結片

【図15】



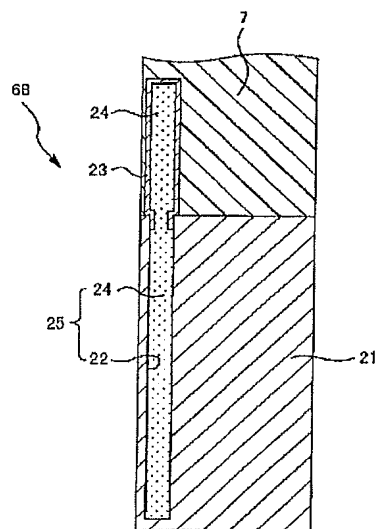
6A…人工足機構
7…脛骨部材
14…足部材
15…バネ定数調節手段
16…バネ定数変更機構

【図16】



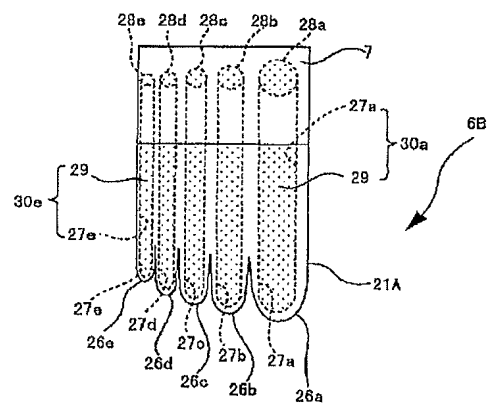
6B…人工足機構
7…脛骨部材
21…足部材
23…ショックアブソーバ (バネ定数変更機構)
25…バネ定数調節手段

【図17】



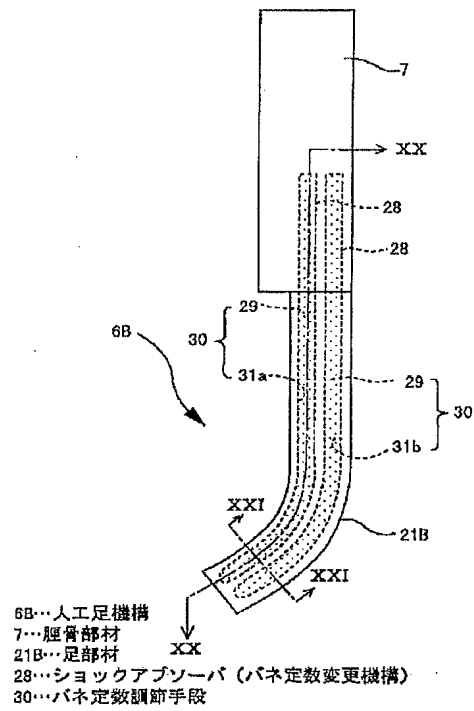
6B…人工足機構
7…脛骨部材
21…足部材
23…ショックアブソーバ (バネ定数変更機構)
25…バネ定数調節手段

【図18】

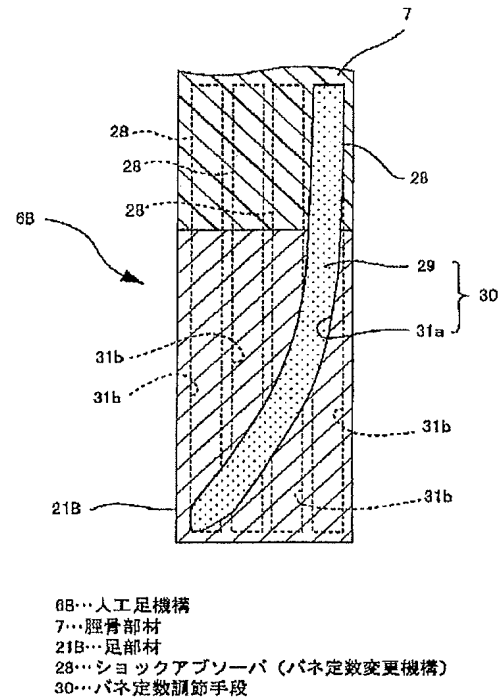


6B…人工足機構
7…脛骨部材
21A…足部材
28a～28e…ショックアブソーバ (バネ定数変更機構)
30a～30e…バネ定数調節手段

【図19】



【図20】



【図21】

